Aus dem Hygienischen Institut der Universität Marburg-Lahn
Direktor Prof. Dr. W. Pfannenstiel

Das Verhalten der Vitamin-C-Ausscheidung im Urin bei Höhenversuchen an Kaninchen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Artur Müller
München
Volontärassistent an der Medizin. Poliklinik der Universität zu Marburg-Lahn

München 1939
Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn

Aus dem Hygienischen Institut der Universität Marburg-Lahn
Direktor Prof. Dr. W. Pfannenstiel

Das Verhalten der Vitamin-C-Ausscheidung im Urin bei Höhenversuchen an Kaninchen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und einer

Hohen Medizinischen Fakultät der Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Artur Müller
München
Volontärassistent an der Medizin. Poliklinik der Universität zu Marburg-Lahn

München 1939
Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Referent:
Dozent *Dr. Weltz*

Tag der mündlichen Prüfung:
16. Januar 1939

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einleitung

Der geradezu erstaunliche Aufschwung, den die deutsche Luftfahrt in den letzten fünf Jahren gemacht hat, gab dem Sondergebiet der Arbeitshygiene, der Luftfahrtmedizin, ein weites Betätigungsfeld wissenschaftlicher Forschung und den Antrieb zur Erreichung des Zieles, auch die menschliche Leistungsfähigkeit in der Luft zu steigern. Es gilt dabei die Spitzenleistungen der Technik auf diesem Gebiet zur vollen Ausnützung zu bringen, gleichzeitig aber auch zu verhüten, daß der Flieger körperliche Schädigungen — z. B. bei Erreichung großer Höhen — erleidet.

Einen Beitrag hierzu stellt die am Hygienischen Institut Marburg von *Gabriele Dörholt* durchgeführte Arbeit über „Tierexperimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Vitamin C auf die Höhenfestigkeit" dar, deren Ergebnisse durch Untersuchungen in größerem Umfang noch erhärtet werden müssen. Die Ergebnisse dieser in der Unterdruckkammer an Kaninchen durchgeführten Versuche sind kurz folgende:

1. Durch Verabreichung von nicht zu hohen Dosen Vitamin C läßt sich eine Steigerung der Höhenfestigkeit erreichen.
2. Überdosierung in der Vitamin C-Medikation bewirkt eine Herabsetzung der Höhenfestigkeit und eine vermehrte Krampfbereitschaft, die als Zeichen einer Hypervitaminose gewertet werden kann.
3. Bei nichtvitaminisierten Tieren ist eine deutliche Tendenz der Gewöhnung, gemessen an der wöchentlichen Zunahme der Höhenfestigkeit, festzustellen.
4. Der Blutzuckerspiegel wird durch Vitamin C-Gaben nicht eindeutig beeinflußt.
5. Im Anschluß an den bis zum Kollaps der Kaninchen durchgeführten Höhenversuch steigt der Blutzuckerspiegel beträchtlich.

Die Tatsache, daß durch Verabreichung von nicht zu hohen Dosen von Vitamin C eine Steigerung der Höhenfestigkeit der Versuchstiere erreicht worden war, gab mir auf Anregung von Herrn Prof. *Dr. Pfannenstiel* die Veranlassung, die Ascorbinsäureausscheidung im Urin von Kaninchen, die mit Vitamin C vorbehandelt worden sind, nach Höhenversuchen zu prüfen um vor allem Aufschluß über Art und Grad der dabei stattfindenden Verwertung des C-Vitamins im Organismus zu erhalten.

Ausscheidungsversuche.

Um eine möglichst genaue Feststellung treffen zu können, zu welchem Zeitpunkt die Ausscheidung der Ascorbinsäure durch den Harn nach Einverleibung einer gewissen Menge derselben beginnt, wann sie ihren Höhepunkt erreicht und wann die Normalausscheidungswerte wieder erreicht werden, stellte ich zunächst Ausscheidungsversuche an vitaminisierten Kaninchen an. Diese Vorversuche dienten der Ermittlung des geeignetesten Zeitpunkts für die Urinentnahme nach den Höhenversuchen.

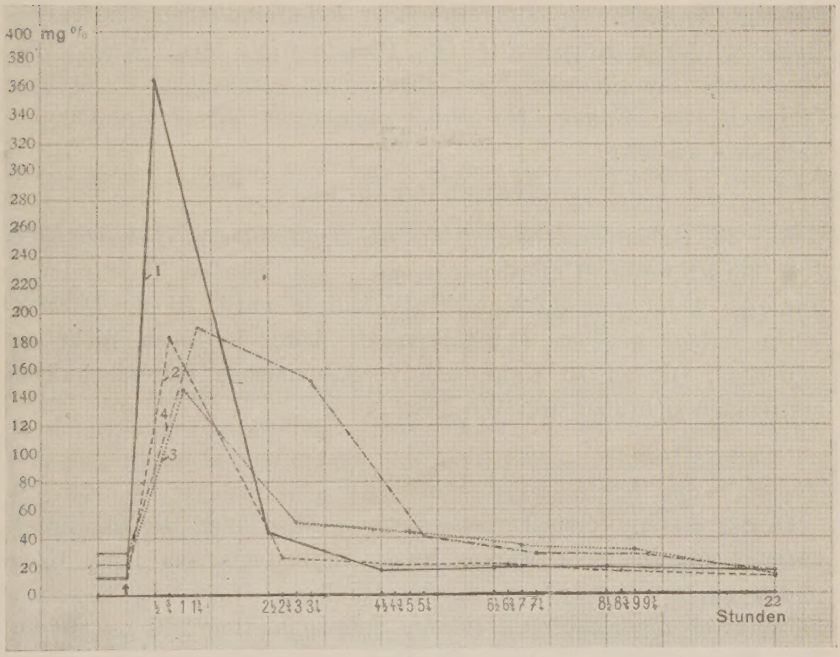
Es wurde vier Kaninchen drei Wochen lang Vitamin C-freies „Mangelfutter", bestehend aus autoklavierter Kleie und autoklaviertem Hafer vorgesetzt. Davon bekamen sie morgens 200 g Kleie, am Spätnachmittag 50—60 g Hafer. Jeden dritten Tag wurden ihnen 50 ccm Wasser vorgesetzt. Bei dieser vorbereitenden gleichmäßigen Fütterung kam bei allen Tieren der Gesamt- also auch der Vitaminstoffwechsel in eine Gleichgewichtslage. Dadurch war mir die Möglichkeit gegeben, die bei diesen vier Kaninchen gefundenen Werte unter sich gleichzusetzen — d. h. als von einem Tier stammend zu betrachten. Da beim Einzeltier wiederholte, rasch aufeinanderfolgende Urinentnahmen fruchtlos sind, wurden diese bei jedem Kaninchen zu einem anderen Zeitpunkt vorgenommen. Nur so ließ sich der jeweilige Ausscheidungswert in kurz aufeinanderfolgenden Zeitphasen bestimmen und ein einigermaßen genaues Bild über den zeitlichen Ablauf der Ausscheidung gewinnen.

Zunächst bestimmte ich bei allen vier Tieren den normalen Ausscheidungswert der Ascorbinsäure im Urin. Alsdann wurden ihnen

praktisch gleichzeitig je 100 mg Natriumascorbinat in Form des von *Hoffmann-la Roche* hergestellten Präparates Redoxon i. v. in die Ohrvene injiziert. Die erste Urinentnahme beim ersten Tier erfolgte $^1/_2$ Stunde, beim zweiten $^3/_4$, beim dritten 1 und beim vierten $^5/_4$ Stunden nach der Redoxonverabreichung.

Anschließend wurden insgesamt noch vier Nachuntersuchungen in zweistündigem Abstand gemacht, so daß die Ausscheidungswerte bis $9^1/_4$ Stunden nach der Injektion verfolgt werden konnten. Endlich bestimmte ich nochmals nach 22 Stunden den Vitamin C-Spiegel im Urin.

Ausscheidungskurve:



Wie aus der graphischen Darstellung der Ausscheidungsuntersuchungen hervorgeht, wird das Maximum der Ausscheidung bereits eine $^1/_2$ Stunde, event. noch früher nach Einverleibung von Redoxon

erreicht und sinkt im Verlauf der folgenden $^3/_4$ Stunden um die Hälfte ab; nach weiteren 2 Stunden ist wiederum eine erhebliche Menge ausgeschieden worden; die Werte nähern sich jetzt unter ganz allmählichem Absinken in den nächsten 6 Stunden fast den Normalwerten. Nach 22 Stunden liegen die Werte der vier Tiere praktisch auf gleicher Höhe, der Ausscheidungsstand ist mengenmäßig wie vor der Verabreichung von Vitamin C erreicht worden.

Obwohl das Blut nach Einverleibung von Redoxon nicht laufend wie der Urin auf seinen Vitamin C-Gehalt hin untersucht wurde, ergibt sich auf Grund obiger Versuche zusammenfassend doch die Tatsache, daß Vitamin C nur sehr kurz im Blut verweilt und rasch im Urin wieder ausgeschieden wird, sofern es nicht der Organismus benötigt, so z. B. zur Steigerung der keimfeindlichen Kräfte des Blutes und der Körpersäfte (*W. Pfannenstiel*, Med. Welt 1937, Nr. 8) oder zur Steigerung der allgemeinen körperlichen Leistungsfähigkeit, wie *Gander* bei seinen Versuchen an Gebirgstruppen nachgewiesen hat.

Höhenversuche.

Für die Höhenversuche bediente ich mich der von *Gabriele Dörholt* konstruierten Unterdruckkammer. Die genaue Beschreibung und eine Abbildung der Unterdruckkammer wurde in der *Dörholt*schen Arbeit gegeben (Luftfahrtmed. Abh., ist noch nicht erschienen). Die an 16 Kaninchen vorgenommenen Untersuchungen erstreckten sich über drei Wochen.

Fütterung.

In der ersten Versuchswoche bekamen die Tiere, die in Einzelkäfigen untergebracht waren, Normalfutter, das aus Heu, Kleie und Runkeln bestand: Morgens eine Hand voll Heu und 200—250 g mit Wasser angemengter Kleie, am Spätnachmittag 250 g Runkeln. Ihre Streuunterlage bestand aus Heu.

Während der beiden letzten Wochen wurden sie auf Torf gesetzt und erhielten das eingangs beschriebene Vitamin C-freie „Mangelfutter".

Versuchseinteilung.

Die 16 Kaninchen teilte ich für die erste Woche, während der die Tiere Normalfutter erhielten, in vier Versuchsgruppen ein.

Kaninchen Nr.	312	316	320	324	Kontrolltiere mit Vitamin ohne Höhenversuch = Gruppe I
Kaninchen Nr.	313	317	321	325	Versuchstiere mit Vitamin mit Höhenversuch = Gruppe II
Kaninchen Nr.	314	318	322	326	Kontrolltiere ohne Vitamin ohne Höhenversuch = Gruppe III
Kaninchen Nr.	315	319	323	327	Versuchstiere ohne Vitamin mit Höhenversuch = Gruppe IV

Von der zweiten Versuchswoche ab, während welcher die Tiere Mangelfutter bekamen, traf ich eine Änderung insofern, als jetzt:

Kaninchen Nr.	312	316	320	324	Kontrolltiere ohne Vitamin ohne Höhenversuch = Gruppe I
Kaninchen Nr.	313	317	321	325	Versuchstiere ohne Vitamin mit Höhenversuch = Gruppe II
Kaninchen Nr.	314	318	322	326	Kontrolltiere mit Vitamin ohne Höhenversuch = Gruppe III
Kaninchen Nr.	315	319	323	327	Versuchstiere mit Vitamin mit Höhenversuch = Gruppe IV

waren.

In der dritten Versuchswoche wurde die gleiche Einteilung wie in der zweiten beibehalten. Diese Änderung wurde deshalb vorgenommen, um sicher zu gehen, daß die bisher erzielten Resultate bei den Höhenversuchen nicht als vom Kräftezustand der Tiere abhängige Zufallsbefunde aufzufassen waren.

Zunächst wurden die Tiere acht Tage vor Beginn der Versuche auf Normalfutter gesetzt, um sie unter einheitlichen Lebensbedingungen in Bezug auf Vitamin C Zufuhr durch die Nahrung für den Versuch anzusetzen. An den Versuchstagen selbst bestimmte ich von jedem Tier die Normalausscheidungswerte der Ascorbinsäure im Urin. In der ersten Versuchswoche wurden an vier aufeinanderfolgenden Tagen täglich vier Tiere, also jeweils ein Ka-

ninchen der Gruppe I, II, III und IV untersucht. Nachstehende Tabelle dient zur besseren Veranschaulichung:

1. Versuchswoche

1. Versuchstag:	312	313	314	315
2. Versuchstag:	316	317	318	319
3. Versuchstag:	320	321	322	323
4. Versuchstag:	324	325	326	327

Wie aus der tabellarisch zusammengestellten Reihenfolge der täglich zum Versuch kommenden Kaninchen hervorgeht, liegen für ein Tier (z. B. 312) immer 8 Tage bis zum nächsten Versuch in der darauffolgenden Woche dazwischen.

Diese Einteilung blieb auch in den beiden anderen Wochen die gleiche. Den jeweiligen Hauptversuchstieren (d. h. den vitaminisierten Höhentieren der Gruppe II) mit ihren Kontrollen (Tiere der Gruppe I) wurden eine halbe Stunde vor dem Höhenversuch je 200 mg Redoxon i. v. einverleibt, während die Tiere der Gruppe IV den Höhenversuch ohne vorherige Vitaminbehandlung mitmachten und die Tiere der Gruppe III als ihre Kontrollen ohne Vitamin C und ohne Höhenversuch blieben.

In der zweiten Versuchswoche wiederholte sich derselbe Vorgang lediglich mit der bereits tabellarisch dargestellten Veränderung in der Vitaminisierung der einzelnen Versuchsgruppen.

Die Versuchsanordnung der dritten Versuchswoche ist der der zweiten analog, nur daß die Tiere vor dem Höhenversuch einer besonderen Belastung mit Vitamin C ausgesetzt waren. Es erhielten nämlich die Gruppen III und IV während der letzten vier Tage vor dem jeweiligen Versuchstag täglich einmal je 100 mg Natriumascorbinat i. m. und am Versuchstag selbst nochmals 200 mg i. v. eine halbe Stunde vor dem Versuch verabreicht. Die Tiere der Gruppe I und II blieben dabei ohne jegliche Vorbehandlung.

Im Folgenden sei nochmals der Versuchsverlauf an einem Versuchstag erläutert (z. B. erster Versuchstag der ersten Versuchswoche): Von allen vier zum Versuch kommenden Tieren nahm ich zunächst eine Bestimmung des normalen Ascorbinsäuregehaltes im Urin vor und injizierte dann Kaninchen Nr. 312 und 313 je 200 mg Natriumascorbinat i. v. Eine halbe Stunde darauf wurde das Hauptversuchstier dem Höhenversuch ausgesetzt. Hier möchte ich ein-

fügen, daß die Kaninchen, wie die Vorversuche gezeigt haben, durch das ungewohnte Motorengeräusch der Öldruckpumpe sehr verängstigt wurden. Aus diesem Grund wurden sie bereits einige Minuten vor Beginn des Versuches bei eingeschaltetem Motor und gleichbleibenden normalen Luftdruckverhältnissen in den Versuchsraum gebracht. Die Zeiten der Urinentnahmen nach Abschluß des Höhenversuches wählte ich, wie an Hand der Ausscheidungversuche näher begründet wurde, so, daß die erste beim Hauptversuchs- und seinem dazugehörigen Kontrolltier gleich anschließend, dann noch zweimal im Abstand von 1 Stunde vorgenommen wurden, und zwar mittels Einführens eines sterilen Katheters. Danach kam das nichtvitaminisierte Versuchstier (Kaninchen Nr. 315) in die Unterdruckkammer, die Urinentnahme und Ascorbinsäurebestimmung bei diesem Tier und seiner Kontrolle (Kaninchen Nr. 314) erfolgte in der gleichen Weise wie vorher.

Bestimmungsmethodik.

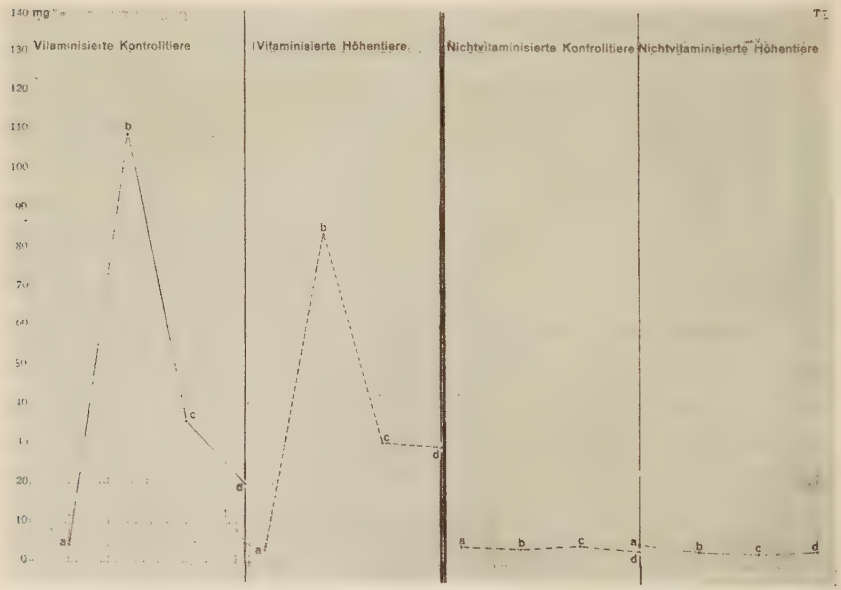
Da die jodometrische Methode der Ascorbinsäurebestimmung im Urin, wie sie von *Woodward* und *Fry* angegeben und von *Quensel* und *Wacholder* verbessert wurde, von den vielen für Urinanalysen gebräuchlichen noch die geringsten Fehlerquellen aufweist, zog ich für meine Untersuchungen diese allen anderen vor. Um eine Abnahme des Vitamin-C-Gehaltes im Urin durch längeres Stehenlassen desselben an der Luft zu verhindern, wurden die entnommenen Urinportionen bei der Entnahme sofort mit 22%iger Sulfosalizylsäure versetzt und die Ascorbinsäure dadurch für einige Stunden stabilisiert. In der vorgeschriebenen Versuchsanordnung habe ich allerdings einige Änderungen vorgenommen, darin bestehend, daß der Urin nicht filtriert sondern zentrifugiert und in der klaren, überstehenden Flüssigkeit die Ascorbinsäurebestimmung vorgenommen wurde. Eine weitere Abänderung wurde insofern getroffen, als ich mit der n/500 Kaliumjodatlösung wegen des oft schwer zu erkennenden Farbumschlages von farblos zu blau nicht nur bis zur leichten, beständigen, sondern bis zur deutlichen Blaufärbung titrierte. Sodann titrierte ich mit n/500 Natriumthiosulfat-

lösung bis zur Entfärbung zurück. Den erhaltenen Differenzbetrag legte ich dann meiner Berechnung zugrunde.

Untersuchungsergebnisse.

Nachstehende Darstellung in Form einer Kurve gibt die Durchschnittswerte der Ascorbinsäureausscheidung in der ersten Versuchswoche wieder. Der Berechnung jeder Kurve wurde das arithmetische Mittel der erhaltenen Ausscheidungswerte aller gleichsinnig vorbehandelten Tiere zugrunde gelegt. Wie aus den leeren Feldern der Begleittabelle der Kurve I ersichtlich ist, war es nicht immer möglich, von den Tieren Urin zu bekommen. Entsprechendes gilt für sämtliche noch zu erörternde Tabellen und Kurven.

Kurve I:



Durchschnitt aus Gruppe I, also Tiere 312, 316, 320, 324	Durchschnitt aus Gruppe II, also Tiere 313, 317, 321, 325	Durchschnitt aus Gruppe III, also Tiere 314,318,322,326	Durchschnitt aus Gruppe IV, also Tiere 315, 319, 323, 327

a = Vorbestimmung des Urins
b = 1. Nachuntersuchung (gleich nach dem Versuch)
c = 1 Stunde nach dem Versuch
d = 2 Stunden nach dem Versuch

Tabelle I

	Kaninchen Nr.	Ausgangswert mg %	1. Nachuntersuchung mg %	2. Nachuntersuchung mg %	3. Nachuntersuchung mg %	
Von Gruppe I:	312	2,62	150,35	34,82	—*)	1. Tag
Von Gruppe II:	313	3,23	93,5	26,03	—	
Von Gruppe III:	314	6,93	4,97	3,81	—	
Von Gruppe IV:	315	3,77	3,49	6,11	—	
Von Gruppe I:	316	5,75	45,6	10,78	4,86	2. Tag
Von Gruppe II:	317	—	—	21,72	—	
Von Gruppe III:	318	1,0	8,21	4,31	1,23	
Von Gruppe IV:	319	5,7	4,92	2,46	6,16	
Von Gruppe I:	320	5,61	84,82	76,13	45,76	3. Tag
Von Gruppe II:	321	—	46,02	19,93	8,23	
Von Gruppe III:	322	2,41	1,81	Vit. C neg.	—	
Von Gruppe IV:	323	4,42	5,48	4,01	5,29	
Von Gruppe I:	324	3,21	154,94	21,14	9,37	4. Tag
Von Gruppe II:	325	3,01	110,25	56,06	51,38	
Von Gruppe III:	326	7,89	1,6	6,95	6,42	
Von Gruppe IV:	327	9,09	1,6	1,21	1,21	

Aus der graphischen Darstellung ist zu entnehmen, daß die Hauptversuchstiere nach dem Versuch anfänglich noch deutlich niedriger liegende Ausscheidungswerte aufweisen als ihre nicht dem Unterdruck ausgesetzten Vergleichstiere. Bei den nichtvitaminisierten Versuchstieren tritt das im Vergleich zu ihren Kontrollen wahrscheinlich deshalb kaum in Erscheinung, weil die Normalausscheidungswerte schon sehr niedrig liegen und dadurch gegenüber den Werten nach dem Höhenversuch nur eine ganz geringe Differenz aufweisen.

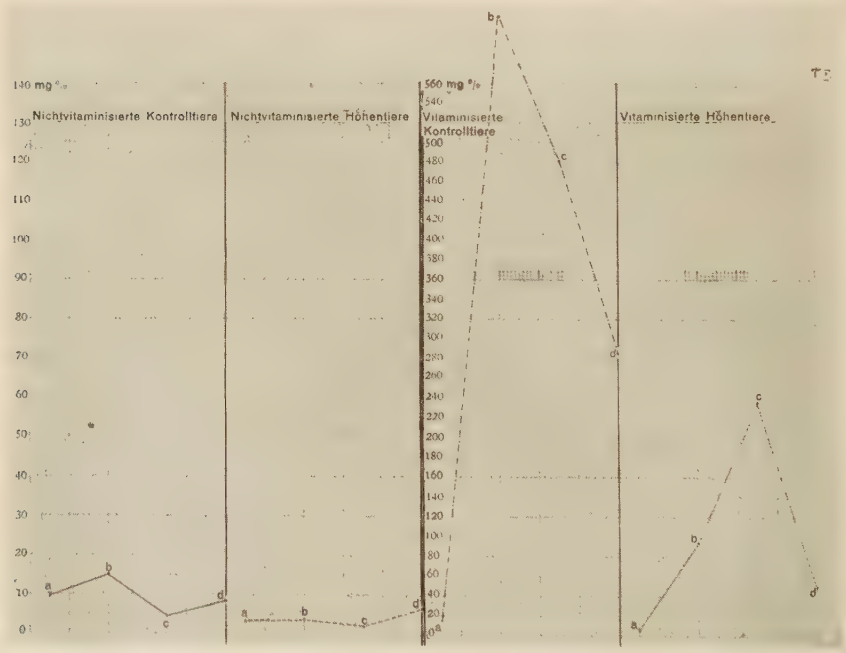
Man könnte im letzteren Falle vielleicht daran denken, daß in der mit dem Höhenversuch einsetzenden Bedarfssteigerung eine vermehrte Neubildung, bzw. Rückreduktion von l.-Ascorbinsäure, wozu bekanntlich das Kaninchen befähigt ist, eintritt. Im ersten Falle dagegen wird der einsetzende Mehrbedarf der Hauptversuchstiere

*) Katheterisierung ergebnislos.

durch zusätzliche Verabreichung von Vitamin C mühelos gedeckt, während das Kontrolltier den gesamten Überschuß wieder ausscheidet.

Kurve II und Tabelle II geben die Durchschnittswerte der zweiten Versuchswoche wieder, in der alle Kaninchen auf Mangelfutter gesetzt waren. Diesmal aber wurden die Tiergruppen III und IV, die in der vorigen Woche kein Vitamin C erhalten hatten, mit Vitamin C behandelt, wie oben bereits erwähnt worden ist. Zur graphischen Darstellung muß ich noch bemerken, daß die Ausscheidungswerte der Hauptversuchstiere mit ihren Kontrollen wegen ihrer Höhe in einem viermal kleineren Maßstab aufgezeichnet wurden als die Werte der nichtvitaminisierten Tiergruppen.

Kurve II:



Durchschnitt aus Gruppe I, also Tiere 312, 316, 320, 324

Durchschnitt aus Gruppe II, also Tiere 313, 317, 321, 325

Durchschnitt aus Gruppe III, also Tiere 314,318,322,326

Durchschnitt aus Gruppe IV, also Tiere 315, 319, 323, 327

Tabelle II

	Kaninchen Nr.	Ausgangswert mg %	1. Nachuntersuchung mg %	2. Nachuntersuchung mg %	3. Nachuntersuchung mg %	
Von Gruppe I:	312	16,36	14.19	—	1,63	1. Tag
Von Gruppe II:	313	3.82	7.64	1.9	0,54	
Von Gruppe III:	314	14.73	545.77	220.22	103,01	
Von Gruppe IV:	315	9.68	4,91	93,32	34,65	
Von Gruppe I:	316	5,18	9,58	2,05	3,42	2. Tag
Von Gruppe II:	317	1.36	2.72	4.08	3,08	
Von Gruppe III:	318	—	—	—	—	
Von Gruppe IV:	319	0,54	121,98	384,76	96,46	
Von Gruppe I:	320	9,98	8,84	7,53	6,22	3. Tag
Von Gruppe II:	321	5,56	3,92	0,49	7.36	
Von Gruppe III:	322	15.7	654.93	1167,08	732,2	
Von Gruppe IV:	323	13,75	158,0	258.68	14,4	
Von Gruppe I:	324	7,84	27,5	—	24,02	4. Tag
Von Gruppe II:	325	2.6	1.14	-	15.68	
Von Gruppe III:	326	—	677.18	57.6	23,56	
Von Gruppe IV:	327	0,98	—	209,56	—	

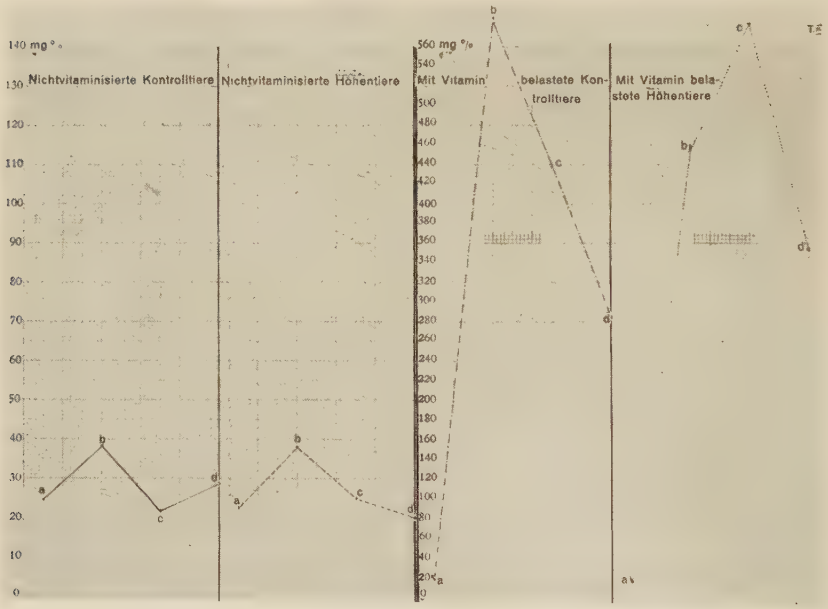
Die Ergebnisse dieser Woche bringen noch klarer zum Ausdruck, wie die Ausscheidungswerte der Ascorbinsäure bei den Hauptversuchstieren weit unter denen ihrer entsprechenden Kontrollen liegen. Auch bei den nichtvitaminisierten Versuchstieren tritt diesmal der Verbrauch an Vitamin C gegenüber ihren nicht dem Unterdruck ausgesetzten Kontrolltieren deutlicher in Erscheinung.

Die in der voraufgehenden Woche im Höhenversuch bereits „geschulten Tiere" zeigen also jetzt nach zusätzlicher Verabreichung von Vitamin C eine verbesserte Ausnützung des Überschusses. Diese tritt nicht nur in der verringerten Vitamin C-Ausscheidung, sondern auch in einer gesteigerten Höhenfestigkeit *(Dörholt)* in Erscheinung.

Die Durchschnittswerte der dritten Versuchswoche, in der die Hauptversuchstiere mit ihren Kontrollen einer Vitaminbelastung unterworfen wurden, sind in folgender graphischer Darstellung und Tabelle wiedergegeben.

N.B. Tier 324 ist in dieser Versuchsreihe vollkommen ausgeschaltet.

Kurve III:



Durchschnitt aus Gruppe I, also Tiere 312, 316, 320

Durchschnitt aus Gruppe II, also Tiere 313, 317, 321, 325

Durchschnitt aus Gruppe III, also Tiere 314, 318, 322, 326

Durchschnitt aus Gruppe IV, also Tiere 315, 319, 323, 327

Hieraus ist zu entnehmen, daß die Ausscheidungswerte sowohl bei den vitaminisierten Höhen- als auch bei den vitaminisierten Kontrolltieren praktisch auf gleicher Höhe liegen; sie blieben sogar länger gesteigert als bei den Kontrollen. Lediglich die Schnelligkeit der Ausscheidung läßt erkennen, daß bei den Hauptversuchstieren anfänglich noch ein Verbrauch an Vitamin C vorliegt.

Es ist anzunehmen, daß die Tiere durch Überbelastung mit Redoxon gegen dieses refraktär werden, so daß sie den Überschuß ohne ihn verwerten zu können, rascher wieder ausscheiden. Im Höhenversuch *(Dörholt)* zeigte sich sogar eine verminderte Leistungs-

Tabelle III

	Kaninchen Nr.	Ausgangswert mg %	1. Nachuntersuchung mg %	2. Nachuntersuchung mg %	3. Nachuntersuchung mg %	
Von Gruppe I:	312	30,3	38,86	22,46	14,24	1. Tag
Von Gruppe II:	313	29,92	81,28	42,6	6,76	
Von Gruppe III:	314	21,03	713,02	588,06	713,02	
Von Gruppe IV:	315	25,66	465,12	793,24	657,51	
Von Gruppe I:	316	25,66	—	12,12	37,78	2. Tag
Von Gruppe II:	317	27,09	24,24	25,13	27,8	
Von Gruppe III:	318	21,74	1108,04	638,16	196,96	
Von Gruppe IV:	319	—	713,02	713,02	379,32	
Von Gruppe I:	320	18,18	—	31,36	34,84	3. Tag
Von Gruppe II:	321	18,46	—	20,39	26,14	
Von Gruppe III:	322	20,91	217,72	379,26	163,39	
Von Gruppe IV:	323	15,32	326,58	587,72	217,72	
Von Gruppe I:	324	—	—	—	—	4. Tag
Von Gruppe II:	325	14,46	8,7	12,52	19,52	
Von Gruppe III:	326	13,77	326,58	149,89	67,8	
Von Gruppe IV:	327	9,76	313,04	251,69	165,32	

fähigkeit, die *Dörholt* wohl mit Recht als ein C-Hypervitaminosesymptom ansieht.

Schlußbetrachtung.

Im Vergleich mit den nichtvitaminisierten Versuchstieren ist der Vitamin C-Verbrauch bei Tieren, die zusätzlich große Dosen Vitamin C vor dem Höhenversuch bekommen, auch groß. Man könnte demnach von einer Luxuskonsumption dieser Tiere sprechen. Wenn man also die Mehrkonsumption bejaht, so muß man auch die Höhenversuche dahingehend günstig beurteilen. Es besteht demnach ein größerer Verbrauch an Vitamin C, der einerseits auf dem größeren Angebot beruht, andererseits ausdrückt, daß Vitamin C bei allen Leistungssteigerungen zusätzlich in größeren Mengen verbraucht wird. Dies erhellt besonders aus den Versuchen der zweiten Versuchswoche, wo solche Tiere, die bereits ohne Vitamin C Höhen-

versuche durchgemacht hatten, nunmehr überschüssig zugeführtes Vitamin in noch weit höherem Maße abbauten und verbrauchten als untrainierte Tiere, ein Zeichen dafür, daß ein ausgesprochener Bedarf von Vitamin C durch den Höhenversuch eintritt.

Zusammenfassung.

1. Die durch zusätzliche Vitamin C-Gaben gesteigerte Höhenfestigkeit *(Dörholt)* geht mit einem vermehrten Verbrauch an l.-Ascorbinsäure einher.
2. Durch Training wird die Höhenfestigkeit, dabei aber auch gleichzeitig der Vitamin C-Verbrauch im Höhenversuch gesteigert.
3. Die von *Dörholt* als Folge der Überdosierung aufgefaßte Verminderung der Höhenfestigkeit durch übergroße Gaben von Vitamin C drückt sich in stärkster Ausscheidung, also einer verschlechterten Ausnützung des dargereichten Vitamin C aus.

Zum Schluß möchte ich Herrn Professor *Dr. Pfannenstiel* für die freundliche Überlassung der Arbeit meinen herzlichen Dank aussprechen. Herrn *Dr. Büsing* danke ich für die liebenswürdige Beratung.

Literaturverzeichnis.

1. *Gabriele Dörholt:* Dissertationsarbeit: „Tierexperimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Vitamin C auf die Höhenfestigkeit".
2. W. *Pfannenstiel:* Med. Welt 1937, Nr. 8: „Steigerung der keimfeindlichen Kräfte des Blutes und der Körpersäfte durch Vitamin C".
3. *Gander:* „Steigerung der allgemeinen körperlichen Leistungsfähigkeit durch Vitamin C". Versuche an schweizerischen Gebirgstruppen.
4. *Woodword* und *Fry:* „Jodometrische Methode der Ascorbinsäurebestimmung im Urin".

Lebenslauf.

Am 3. Dezember 1911 wurde ich in Ingolstadt geboren. Nach dem Besuch von 5 Klassen Volksschule trat ich Ostern 1922 in das Neue Realgymnasium in München über, wo ich am 26. März 1931 die Reifeprüfung ablegte. Im Sommersemester 1931 begann ich das medizinische Studium an der Universität München. Am 29. Juni 1937 bestand ich dort die ärztliche Prüfung. Während meiner Studienzeit diente ich 1 Jahr freiwillig beim Heer. Während meiner Medizinalpraktikantenzeit war ich 4 Monate an der Dermatologischen Klinik in München, 4 Monate an der Med. Poliklinik in Marburg und 4 Monate am Hygienischen Instituut in Marburg. Am 1. Juli 1938 erhielt ich mit Gültigkeit vom 1. Januar 1938 meine Bestallung als Arzt. Anschließend war ich noch 5 Monate an der Med. Poliklinik in Marburg als Volontärarzt tätig.

Artur Müller.